

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-43285

(P2003-43285A)

(43)公開日 平成15年2月13日 (2003.2.13)

(51)Int.Cl.⁷G 0 2 B 6/13
6/12

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12

テマコード(参考)

M 2 H 0 4 7
F

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 13 頁)

(21)出願番号

特願2001-228260(P2001-228260)

(22)出願日

平成13年7月27日 (2001.7.27)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 浜田 英伸

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74)代理人 100092794

弁理士 松田 正道

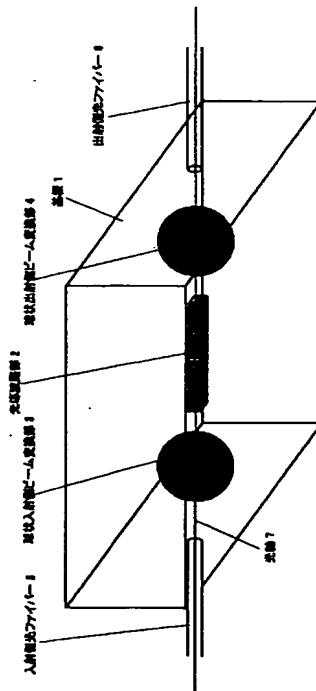
F ターム(参考) 2H047 KA04 KA15 KB06 LA01 LA18
MA03 MA05 PA28 RA00 TA00 TA33
TA34

(54)【発明の名称】 光デバイスの製造方法および光デバイス

(57)【要約】

【課題】 部品点数を増やすことなく、容易な方法で光ファイバーと光導波路の結合および良好な光軸合わせを達成する。

【解決手段】 所定の屈折率を有する基板1と、基板の一部を置換し、前記基板よりも大きな屈折率を有する材料で構成される光導波路部2と、前記光導波路部の入射側と出射側の両側に位置し、前記基板の一部を前記基板よりも大きな屈折率を有する材料で置換して作製される、前記基板との境界面に有限の曲率半径を有するビーム変換部3、4とを少なくとも備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に、少なくとも、第1の光学部品に対応する第1の凹部と、第2の光学部品に対応する第2の凹部とを形成する工程と、

前記第1の凹部と第2の凹部とに、流動性のある材料を充填し、前記第1の光学部品と前記第2の光学部品とを形成する工程とを備え、

前記第1の凹部と第2の凹部との位置関係は、前記形成された第1の光学部品および第2の光学部品の光軸が一致するようになっている光デバイスの製造方法。

【請求項2】 第1の基板部材上に、少なくとも、第1の光学部品の一部に対応する第1の凹部と、第2の光学部品の一部に対応する第2の凹部とを形成する工程と、第2の基板部材上に、少なくとも、前記第1の光学部品の残りの一部に対応する第3の凹部と、前記第2の光学部品の残りの一部に対応する第4の凹部とを形成する工程と、

前記第1の凹部、前記第2の凹部、前記第3の凹部、前記第4の凹部に、流動性のある材料を充填する工程と、前記材料がそれぞれ充填された前記第1の基板部材と前記第2の基板部材とを接合し、前記第1の光学部品と前記第2の光学部品とを形成する工程とを備え、

前記第1の凹部と第2の凹部との位置関係および前記第3の凹部と第4の凹部との位置関係は、前記形成された第1の光学部品および第2の光学部品の光軸が一致するようになっている光デバイスの製造方法。

【請求項3】 前記第1および/または第2の凹部は、それらのうち少なくとも一つは閉空間であって、

前記閉空間は、外部から前記流動性のある材料を充填するための通路を有している請求項1に記載の光デバイスの製造方法。

【請求項4】 所定の屈折率を有する基板部材内に、第1の光学部品と第2の光学部品とにそれぞれ対応する第1の3次元領域と第2の3次元領域とに成形光を照射して、前記基板部材の屈折率を変えることにより、前記第1の光学部品および前記第2の光学部品を形成する工程を備え、

前記第1の3次元領域と第2の3次元領域との位置関係は、前記形成された第1の光学部品および第2の光学部品の光軸が一致するようになっている光デバイスの製造方法。

【請求項5】 前記成形光は、前記3次元領域上に焦点を有する非平行光であって、前記基板部材は、前記焦点において、その屈折率が変わる請求項4に記載の光デバイスの製造方法。

【請求項6】 前記成形光は、前記3次元領域上に交点を有する複数の光であって、前記交点は、前記複数の光が重なりあって、その重なり合った光のそれぞれの振幅がピークを有する位置であって、前記基板部材は、前記位置において、その屈折率が変わる請求項4に記載の光

デバイスの製造方法。

【請求項7】 前記第1の光学部品または前記第2の光学部品の少なくとも一つは、光導波路である請求項1、2または4のいずれかに記載の光デバイスの製造方法。

【請求項8】 前記第1の光学部品または前記第2の光学部品の少なくとも一つは、光を収束させる光収束素子である請求項1、2または4のいずれかに記載の光デバイスの製造方法。

【請求項9】 複数の光学部品と、前記複数の光学部品が配置された基板とを備え、

前記複数の光学部品は、前記基板内に隙間無く密着して配置されており、前記複数の光学部品は、互いに光軸が一致している光デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光通信に使用される光分波器や光合波器などの光導波路等を含む光デバイスの製造方法および光デバイスに関する。

【0002】

20 【従来の技術】 レンズを使用せず光ファイバーと結合する光導波路の従来例1を図12に、レンズを使用して光ファイバーと結合する光導波路の従来例2を図13に示す。

【0003】 初めに、レンズを使用せず光ファイバーと結合する光導波路は、図12に示すように、基板121と、基板121の一部を基板121よりも屈折率の高い材料で置換して構成された光導波路部2と、光導波路部2の入射端と入射光側光ファイバー5、および光導波路2の出射端と出射光側光ファイバー6とをそれぞれ直接光軸合わせする構成を有し光ファイバー5、6と光導波路2との間で光が漏れないように光ファイバー5、6の端面と、と光導波路2の端面とを密着させる。

【0004】 次に、レンズを使用して光ファイバーと結合する光導波路は、図13に示すように、基板121と、基板121と、基板121の一部を基板121よりも屈折率の高い材料で置換して構成された光導波路部2と、光導波路部2の入射側と出射側にそれぞれ入射側レンズ122、出射側レンズ123をそれぞれ配置し、入射側レンズ122と入射光側光ファイバー5、および出

40 射側レンズ123と入射光側光ファイバー6とを光軸合わせする構成を有し、前記光ファイバーから発散するビームを前記光導波路に収束するようにビーム変換する。

【0005】 しかし、従来例1の、レンズを使用せず光ファイバーと結合する光導波路は、光導波路部2の入射側では入射側光ファイバー5から発散する光を光導波路部2に結合し、光導波路部2の出射側では光導波路部2から発散する光を出射側光ファイバー6に結合させて、それぞれの結合部での結合ロスが大きく、また、光ファイバー5、6と光導波路部2との間の距離によって光の発散度が大きく変動するので安定した結合を取るこ

とができない。

【0006】一方、従来例2の、レンズを使用して光ファイバーと結合する光導波路は、光ファイバー5、6と光導波路部2との安定した結合は容易にとることができると、レンズという光学部品が増えることと、光ファイバー5、6とレンズ122、123と光導波路部2との3個の光学部品の光軸調整が必要となる。

【0007】後者の光軸調整に関しては、予め光導波路2とレンズ122、123との光軸調整をしておき、その場所にレンズ122、123を配置するための配置部を基板121に設ければよいが、レンズ122、123は別構成の部材を後に光導波路2とともに基板121に設置する必要があり、その際接合による遊度や接着材により光軸が変化する恐れがあり、さらなる微調整を必要とし、光軸調整の困難さを解消することはできなかつた。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、従来の方法において、レンズを使用せず光ファイバーと直接結合する光導波路は、光導波路の入射側では光ファイバーから発散する光を光導波路に結合し、光導波路の出射側では光導波路から発散する光を光ファイバーに結合させるので、それぞれの結合部での結合ロスが大きく、また、光ファイバーと光導波路との間の距離によって光の発散度が大きく変動するので安定した結合を取ることができない。

【0009】また、レンズを使用して光ファイバーと結合する光導波路は、光ファイバーと光導波路が容易になるがレンズという光学部品が増えることと、光ファイバーとレンズと光導波路の3個の光学部品の間の光軸調整がそれぞれ必要となり、基板上にて予め光軸調整を行って配置するようにしても、さらに微調整するなどの必要があり、作業性が悪いという不具合がある。

【0010】本発明は、従来の光導波路の課題を考慮し、部品点数を増やす、容易な方法で発散光を収束光に変換し、光ファイバーと光導波路の結合を確実かつ容易に得られる光デバイスの製造方法および光デバイスを提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、第1の本発明（請求項1に対応）は、基板上に、少なくとも、第1の光学部品に対応する第1の凹部と、第2の光学部品に対応する第2の凹部とを形成する工程と、前記第1の凹部と第2の凹部とに、流動性のある材料を充填し、前記第1の光学部品と前記第2の光学部品とを形成する工程とを備え、前記第1の凹部と第2の凹部との位置関係は、前記形成された第1の光学部品および第2の光学部品の光軸が一致するようになっている光デバイスの製造方法である。

【0012】また、第2の本発明（請求項2に対応）

は、第1の基板部材上に、少なくとも、第1の光学部品の一部に対応する第1の凹部と、第2の光学部品の一部に対応する第2の凹部とを形成する工程と、第2の基板部材上に、少なくとも、前記第1の光学部品の残りの一部に対応する第3の凹部と、前記第2の光学部品の残りの一部に対応する第4の凹部とを形成する工程と、前記第1の凹部、前記第2の凹部、前記第3の凹部、前記第4の凹部に、流動性のある材料を充填する工程と、前記材料がそれぞれ充填された前記第1の基板部材と前記第2の基板部材とを接合し、前記第1の光学部品と前記第2の光学部品とを形成する工程とを備え、前記第1の凹部と第2の凹部との位置関係および前記第3の凹部と第4の凹部との位置関係は、前記形成された第1の光学部品および第2の光学部品の光軸が一致するようになっている光デバイスの製造方法である。

【0013】また、第3の本発明（請求項3に対応）は、前記第1および/または第2の凹部は、それらのうち少なくとも一つは閉空間であって、前記閉空間は、外部から前記流動性のある材料を充填するための通路を有している第1の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0014】また、第4の本発明（請求項4に対応）は、所定の屈折率を有する基板部材内に、第1の光学部品と第2の光学部品とにそれぞれ対応する第1の3次元領域と第2の3次元領域とに成形光を照射して、前記基板部材の屈折率を変えることにより、前記第1の光学部品および前記第2の光学部品を形成する工程を備え、前記第1の3次元領域と第2の3次元領域との位置関係は、前記形成された第1の光学部品および第2の光学部品の光軸が一致するようになっている光デバイスの製造方法である。

【0015】また、第5の本発明（請求項5に対応）は、前記成形光は、前記3次元領域上に焦点を有する非平行光であって、前記基板部材は、前記焦点において、その屈折率が変わる第4の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0016】また、第6の本発明（請求項6に対応）は、前記成形光は、前記3次元領域上に交点を有する複数の光であって、前記交点は、前記複数の光が重なりあって、その重なり合った光のそれぞれの振幅がピークを有する位置であって、前記基板部材は、前記位置において、その屈折率が変わる第4の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0017】また、第7の本発明（請求項7に対応）は、前記第1の光学部品または前記第2の光学部品の少なくとも一つは、光導波路である第1、第2、第4のいすれかの本発明の光デバイスの製造方法である。

【0018】また、第8の本発明（請求項8に対応）は、前記第1の光学部品または前記第2の光学部品の少なくとも一つは、光を収束させる光収束素子である第1、第2、第4のいすれかの本発明の光デバイスの製造

方法である。

【0019】また、第9の本発明（請求項9に対応）は、複数の光学部品と、前記複数の光学部品が配置された基板とを備え、前記複数の光学部品は、前記基板内に隙間無く密着して配置されており、前記複数の光学部品は、互いに光軸が一致している光デバイスである。

【0020】また、第10の本発明は、前記第1の光学部品は光導波路であって、前記第2の光学部品は、外部から入射される光を前記光導波路へ収束させる入射光収束素子と、および前記光導波路から出射される光を、前記光デバイスと接続される外部の第3の光学部品へ収束させる出射光収束素子とを有する第1、第2または第4のいずれかの光デバイスの製造方法である。

【0021】また、第11の本発明は、前記入射光収束素子または前記出射光収束素子は、前記光の入射側と出射側の少なくとも一方に、前記光の進行方向に対して垂直な面上の少なくとも1方向に有限の曲率半径を有する第10の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0022】また、第12の本発明は、前記入射光収束素子または前記出射光収束素子は、光の入射側および出射側に、前記光の進行方向に対して垂直な面上のいずれの方向にも無限の曲率半径を有するとともに、2以上の屈折率を有する第10の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0023】また、第13の本発明は、前記入射光収束素子または前記出射光収束素子は、前記入射光収束素子または前記出射光収束素子の光軸方向に配置された複数の副光学素子を有する第10の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0024】また、第14の本発明は、前記入射光収束素子または前記出射光収束素子は、前記入射光収束素子または前記出射光収束素子の光軸方向に配置された複数の副光学素子を有する第10の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0025】また、第15の本発明は、前記入射光収束素子または前記出射光収束素子は、光の進行方向に対して垂直な少なくとも1方向において、前記光導波路の光軸点を最大点とする屈折率分布を有する第10の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0026】また、第16の本発明は、前記光導波路の光出射側は少なくとも2つに分岐しており、前記出射光収束素子は、前記分岐した光出射側の少なくとも一つに設けられている第10の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0027】また、第17の本発明は、前記光導波路の光入射側は少なくとも2つに分岐しており、前記入射光収束素子は、前記分岐した光入射側の少なくとも一つに設けられている第10の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0028】また、第18の本発明は、前記光導波路

は、互いに異なる屈折率を有する複数の部分を有する第10の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0029】また、第19の本発明は、前記互いに異なる屈折率を有する複数の部分は、前記光導波路の光軸に沿って規則的な周期を持って配列される第18の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0030】また、第20の本発明は、前記互いに異なる屈折率を有する複数の部分の一部は、規則的な構成を有する、さらに互いに異なる屈折率を有する部分である第18の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0031】以上のような本発明は、その一例として、所定の屈折率を有する基板と、前記基板の一部を置換し、前記基板よりも大きな屈折率を有する材料で構成される光導波路部と、前記光導波路部の入射側と出射側の両側に位置し、前記基板の一部を前記基板よりも大きな屈折率を有する材料で置換して作製される、前記基板との境界に有限の曲率半径を有するビーム変換部と、前記基板と一体化され、前記入射側ビーム変換部と出射側ビーム変換部と結合される光ファイバーを位置決めする溝で構成される。

【0032】したがって、光ファイバーあるいは光導波路からの発散光を収束光に変換するビーム変換部が、前記光導波路と同一の基板に作製することで、前記ビーム変換部と光導波路はあらかじめ光軸合わせされるように設計され、光ファイバーと光導波路とビーム変換部を有する基板を位置決めするとともに、光学部品の微調整や設置時の誤差の発生を抑えることで、光ファイバーと光導波路との結合を確実かつ容易にできる。

【0033】

30 【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0034】（第1の実施の形態）本発明の第1の実施の形態によるビーム変換機能付光導波路は、図1に示すように、所定の屈折率を有する基板1と、基板1の一部を基板1よりも大きな屈折率を有する材料で直線状に置換して作製する光導波路部2と、光導波路部2の入射側と出射側に、基板1の一部を基板1よりも大きな屈折率を有する材料を球状に置換して作製する球状入射側ビーム変換部3、球状出射側ビーム変換部4と、前記基板と一体化され、球状入射側ビーム変換部3と球状出射側ビーム変換部4と結合される入射側光ファイバー5および出射側光ファイバー6を位置決めする溝（図示せず）で構成される。

【0035】球状のビーム変換部は、入射側光ファイバー5または出射側光ファイバー6を光導波路部2とビーム変換部を有する基板1の入射端面に突き合わせた時に、入射側光ファイバー5および出射側光ファイバー6と光導波路部2とが最適結合できるように位置と曲率半径と置換する材料の屈折率を決める。

50 【0036】基板1と球状入射側ビーム変換部3、球状

出射側ビーム変換部4との間の屈折率差が小さい時は、ビーム変換部の曲率半径を如何にしても最適結合を取れないが、可能な限り結合が取れるように屈折率と曲率半径を調整する。また、球状入射側ビーム変換部3、球状出射側ビーム変換部4の屈折率と形状（曲率半径）は、互いに必ずしも一致しなくてもよい。

【0037】本発明の光デバイスの製造方法の一例である、光導波路とビーム変換部の作製方法を、図14(a)、図15を参照して、以下に説明する。

【0038】(1) 図14(a)に示すように、あらかじめ基板となる部材（ガラス基板200）に、本発明の第1の凹部および第2の凹部となる光導波路部2と球状入射側ビーム変換部3、球状出射側ビーム変換部4（ビーム変換部）の形状の空洞を作製する。これは、図14(a)の(ア)、(イ)に示すように、ガラス基板200に、光導波路部2と半球状入射側ビーム変換部3'、半球状出射側ビーム変換部4'（ビーム変換部）の形状を有する金型210を押圧することにより行う。(ウ)に示すように、金型210を剥離したガラス基板200には、光導波路部2と半球状入射側ビーム変換部3'、半球状出射側ビーム変換部4'の形状の空洞が形成されているから、ここに後で所望の屈折率を有する、樹脂220等の流動性の材料を充填する。最後に、

(オ)に示すように、樹脂220が充填されたガラス基板220の主面にもう一枚の平板状のガラス基板230を対向して載置し、圧力を加えて樹脂220を封止して、光導波路とビーム変換部とを一括して成形する。

【0039】上記図14の説明においては、簡単のためにビーム変換部は半球状として示したが、図1に示すような球状のビーム変換部を製造する場合は、空洞に充填される材料は、例えば図4や図6に示すように、基板51の接合面53が接合される前の間隙から注入、充填するようにしてもよいし、基板1の任意の箇所から材料を挿入するための孔を開口し、この孔から材料を充填するようにしてもよい。なお、ここで上記空洞は、本発明の閉空間に相当するものであり、接合面53が接合される前の間隙や、材料を挿入するための開口された孔は、本発明の通路に相当するものである。(2) 次に、図15の(ア)～(ウ)に示すように、所定の屈折率の基板300に、光源310からレーザー330を出射させ、レンズ320によりピンポイント照射し、光導波路部2と球状入射側ビーム変換部3、球状出射側ビーム変換部4の形状に相当する三次元領域をスキャンさせて、照射された三次元領域の屈折率を変化させることにより、所望の形状の高屈折率部分を作製する。

【0040】このとき、ピンポイント照射するレーザーは、三次元領域上において基板の組成を変化させるために、非平行光である一本の円錐状の光であって、焦点を結ぶ領域以外では基板の組成に変化を与せず、焦点において所定の温度以上に達すると、基板の屈折率が変わる

ようなものであればよく、この焦点が三次元領域上をスキャンするようにすればよい。

【0041】また、レーザの他の例としては、複数の光であって、それぞれの光一本では基板の屈折率に変化を与せず、各光の交点において、各光が同相となって振幅のピークが一致すると、基板の屈折率が変わるものであればよく、この焦点が三次元領域上をスキャンするようにすればよい。なお、ここでレーザは、本発明の成形光の一例であるが、成形光はレーザに限定するものではなく、特定波長の紫外線や赤外線などの非レーザ光であっても良い。

【0042】このように、本実施の形態によれば、基板1に所定の空洞を形成し、この空洞を屈折率の異なる材料にて充填した部分、もしくはレーザ照射によって基板1の一部の組成を変え、基板より高い屈折率を有する部分を作成した部分を用いて、これら充填部または作成された部分を光導波路2および球状入射側ビーム変換部3、球状出射側ビーム変換部4とすることにより、基板1を含むビーム変換機能付光導波路は、外部から完成したレンズや他のビーム変換部といった光学部品を別途配置する場合に必要となる光軸の微調整や、配置の際に用いる接着剤等に基づく光軸あわせの誤差を排除して、より容易且つ正確な光軸あわせを行うことが可能となる。

【0043】また、上記の実施の形態において、球状入射側ビーム変換部3、球状出射側ビーム変換部4は、それぞれ本発明の光収束素子、入射光収束素子、出射光収束素子に相当するビーム変換部の一例であるが、ビーム変換部の形状については、下記のようなものも可能である。(a)光軸7に直交する面において、いずれかの方向に有限な曲率半径を有するもの。例えば、少なくとも1方向に有限な曲率半径を持つ場合は、円筒形もしくは半円柱等の形状となる。(b)図2に示す、入射側ビーム変換部21、出射側ビーム変換部22のように、光軸7に直交する面において、無限の曲率半径（平面）しか持たない場合で、ビーム変換部の屈折率が2以上で、光ファイバーとビーム変換部と光導波路部2の各端面が密着している。媒質中を透過する光は屈折率が低いものから高いものに入るとき、より大きく屈折するため、入射側光ファイバー5から入射した光は、入射側光

ファイバー5と入射側ビーム変換部21との間で、光軸7から広がるような光路をとり、光導波路部2との間の光学結合を良好にとることができる。なお、図2に示す例においては、入射側ビーム変換部21、出射側ビーム変換部22は、少なくとも光ファイバーとビーム変換部との間に、それぞれの端面が密着して配置されればよく、その形状は任意のものであってよい。また、このとき、入射側ビーム変換部21と、出射側ビーム変換部22とは、同一の厚み、同一の屈折率、同一の形状にて作成されるのが、結合ロスが最も少くなり望ましい。

(c)図3に示す、縦列球形入射側ビーム変換部31、

縦列球形出射側ビーム変換部32のように、光軸7上に複数の球状、あるいは光軸7に直交する面において、いずれかの方向に有限の曲率半径を有するビーム変換部が縦列する。この場合は、一個のビーム変換部だけでは所望の収束光が得られない場合に有効である。図においては球状であるとしたが、光軸7に直交する面において、いずれかの方向に有限の曲率半径を有するものとしては、(a)にて説明したような、円柱や曲線を含んだ柱の形状であればよい。また、本発明の副光学素子に相当する複数のビーム変換部は、配置が光軸7と平行な縦列を形成しなくとも、入射側光ファイバー5と光導波路部2、または出射側光ファイバー6と光導波路部2との間の結合を良好に保てるものであれば、複数のビーム変換部同士の間の光軸は、光軸7と一致もしくは平行である必要はなく、また、配置も縦列に限定されるものではない。例えば、ジグザグ状に配置されていてもよいし、光軸7を中心とした螺旋状に配置されていてもよい。

(d) 図4に示す、円筒形屈折率分布入射側ビーム変換部41、円筒形屈折率分布出射側ビーム変換部42のように、円筒形、あるいは部分的に曲線を有する柱のように、光軸7に直交する面において、いずれかの方向に有限の曲率半径を有するビーム変換部において、光導波路部2の光軸7を中心とした最大屈折率を有するように、例えば図4の縦方向(上基板51一下基板52の方向)に、屈折率分布を持たせる。これは、構造上有限の曲率半径を形成できない場合に有効である。また、図4においては、縦方向のみに屈折率分布を持たせるようにしたが、この縦方向と直交する方向(紙面の奥行きから手前側の方向)、または、GRINレンズのように、光軸7を中心として放射状に屈折率分布を有するような部材をビーム変換部として用いても良い。特に後者の場合、いずれの方向にも曲率半径を有しない、立方体や直方体、角柱のような平面部のみからなる部材を、ビーム変換部として用いることができる。また、このとき、ビーム変換部は、図2に示す例のように、光導波路部2および入射側光ファイバー5または出射側光ファイバー6と密着した構成とすることが可能となる。

【0044】なお、ビーム変換部は、光導波路部2の入射側と出射側の両方に無くてもよく、いずれか一方にのみに設けるようにし、他方を従来例1あるいは従来例2のような構成としてもよい。その場合、ビーム変換部が無い側は従来例1のように光導波路部2と光ファイバーが直接接合するようになるか、従来例2のように外部にレンズを介して結合するようになる。

【0045】また、図4に示す円筒形屈折率分布入射側ビーム変換部41、円筒形屈折率分布出射側ビーム変換部42を有する場合の製造方法を、図14(b)に示す。基本的には図14(a)と同様であり、図14に示す(ア)、(イ)と同様、ガラス基板200に、光導波路部2と円筒形屈折率分布入射側ビーム変換部41、円

筒形屈折率分布出射側ビーム変換部42の形状を有する金型400を押圧し、金型210を剥離することで、ガラス基板200に、光導波路部2と円筒形屈折率分布入射側ビーム変換部41、円筒形屈折率分布出射側ビーム変換部42の形状の空洞を形成する。ここで(エ)に示すように、ガラス基板200上の、ビーム変換部以外の部分をマスク420でマスキングして、円筒形屈折率分布入射側ビーム変換部41、円筒形屈折率分布出射側ビーム変換部42の形状の空洞内に、屈折率の異なる素材を順に積層するように蒸着を行って、屈折率分布レンズ形成する。

【0046】次に、(オ)に示すように、マスク420を除去して、所望の屈折率を有する、樹脂220等の流動性の材料を光導波路部2に対応する空洞に充填する。最後に、(オ)に示すように、樹脂220が充填されたガラス基板200の主面にもう一枚の平板状のガラス基板230を対向して載置し、圧力を加えて樹脂220を封止して、光デバイスを完成する。

【0047】(第2の実施の形態) 本発明の第2の実施20の形態によるビーム変換機能付光導波路は、図5に示すように、所定の屈折率を有する基板を2枚有する積層体と、前記積層体の上側基板51と下側基板52の接合する2面53を含む部分を前記基板よりも大きな屈折率を有する材料で直線状に置換して作製する光導波路部2と、光導波路部2の入射側と出射側の両側に、前記積層体の上側基板と下側基板の接合する2面を含む部分を前記基板よりも大きな屈折率を有する材料で球状に置換して作製する球状入射側ビーム変換部3、球状出射側ビーム変換部4(以下、それぞれビーム変換部3、4と略す)と、前記基板と一体化され、前記入射側ビーム変換部3と出射側ビーム変換部4と結合される入射側光ファイバー5または出射側光ファイバー6(以下、それぞれ光ファイバー5、光ファイバー6と略す)を位置決めする溝(図示せず)で構成される。

【0048】ビーム変換部3、4は、光ファイバー5または6を光導波路部2とビーム変換部3、4を有する基板の入射端面に突き合わせた時に、光ファイバー5または6と光導波路部2が最適結合できるように、その位置と曲率半径と置換する材料の屈折率を決める。

【0049】光導波路部2とビーム変換部3、4の作製方法は、あらかじめ上下の基板51、52にて張り合わせた時に光導波路部2と球状のビーム変換部3、4の外形となるような空洞を作製し、所望の高屈折率材料を上下の基板51、52で挟み込んで所望の位置に固定する。前記高屈折率材料は上下基板51、52で挟み込んだときに光導波路部2およびビーム変換部3、4の形状に変形する程度の粘度を有するものがよい。

【0050】なお、ビーム変換部3、4の形状は、球形以外に、図6に示すように、上下基板51、52の接合面上で光軸7に垂直な方向に対して有限な曲率半径を有

する円筒形入射側ビーム変換部61、円筒形出射側ビーム変換部62でもよい。また、上下基板51、52の接合面に垂直な方向の上下いずれかに有限な曲率半径を有する形状、例えば半球や、半分が円柱である6面体のような形状でもよい。また、実施の形態1にて説明した(a)～(d)の特徴を有するものでも良い。

【0051】(第3の実施の形態)本発明の第3の実施の形態によるビーム変換機能付光導波路は、ビーム変換部の構成を除けば実施の形態2と同様であり、図7に示すように、所定の屈折率を有する基板を2枚有する積層体と、前記積層体の下基板52の接合面を含む部分を前記基板よりも大きな屈折率を有する材料で直線状に置換して作製する光導波路部2と、光導波路部2の入射側と出射側の両側に、前記積層体の下基板52の接合面を含む部分を前記基板よりも大きな屈折率を有する材料で円筒状に置換して作製する円筒形入射側ビーム変換部71、円筒形出射側ビーム変換部72(以下、それぞれビーム変換部71、72と略す)、前記基板と一体化され、入射側ビーム変換部71と出射側ビーム変換部72と結合される入射側光ファイバー5または出射側光ファイバー6(以下、それぞれ光ファイバー5、光ファイバー6と略す)を固定する入射側V溝付き固定部23および出射側V溝付き固定部23とから構成される。ただし、本実施の形態のビーム変換部71、72と第1の実施の形態の図2のビーム変換部21、22とは、前者が光軸7に平行な面が円形であり、後者が光軸7に直交する面が円形である点が異なる。

【0052】ビーム変換部71、72は、光ファイバー5、6を光導波路部2とビーム変換部71、72をそれぞれを有する下基板52の入射端面または出射端面に突き合わせた時に、光ファイバー5、6と光導波路部2が最適結合できるように位置と曲率半径と置換する材料の屈折率を決める。

【0053】光導波路部2とビーム変換部71、72の作製方法は、実施の形態2と同様に行われ、あらかじめ上下の基板51、52にて張り合わせた時に光導波路部2と球状のビーム変換部71、72の外形となるような空洞を作製し、所望の高屈折率材料を上下の基板51、52で挟み込んで所望の位置に固定する。前記高屈折率材料は上下基板51、52で挟み込んだときに光導波路部2およびビーム変換部71、72の形状に変形する程度の粘度を有するものがよい。

【0054】なお、ビーム変換部の形状は、図7に示す円筒以外に図8に示す球底面円筒形入射側ビーム変換部81、球底面円筒形出射側ビーム変換部82のように、前記円筒形状の底面に有限の曲率半径を持たせるとなお良い。また、光ファイバが載置されるV溝は、溝で有ればその断面形状によって限定されるものではなく、溝の断面はU字や凹型など任意のものであってもよい。また、基板の端面であって、光ファイバを挿抜できるよう

な溝みであっても良い。

【0055】(第4の実施の形態)本発明の第3の実施の形態によるビーム変換機能付光導波路は、図9の上面図に示すように、光導波路部2の途中に合波器95を設けた場合で、この場合、光導波路部2の入射側には、第1の光導波路部入射端96および第2の光導波路部入射端97が、また出射側には1個の光導波路部出射端98があり、第1の光導波路部入射端96に対応したビーム変換部93、第2の光導波路部入射端97に対応したビーム変換部94、光導波路部出射端98に対応したビーム変換部4、というように、各端面にそれぞれ最適化されたビーム変換部で構成される。ただし第1のビーム変換部93は第1の入射側光ファイバー91に、第2のビーム変換部94は第2の入射側光ファイバー92とそれぞれ光学的に結合される。

【0056】なお、本実施の形態は、実施の形態1にて説明した(a)～(d)の特徴を有するビーム変換機能付光導波路において実現しても良い。

【0057】(第5の実施の形態)本発明の第5の実施の形態によるビーム変換機能付光導波路は、図10の上面図に示すように、図6に示す実施の形態2のビーム変換機能付光導波路において、光導波路部を、2種類の互いに異なる屈折率を有する材料が光軸7に沿って周期的に配置された構造を有する周期構造光導波路部101としたもので、2種類の屈折率材料の屈折率差と周期を調整することで、ビーム変換機能付光導波路に、光フィルターなどの機能をもたせることができる。

【0058】なお、本実施の形態は、図6に示す構成の他に、上記実施の形態1～4に示すビーム変換機能付光導波路において実現しても良い。

【0059】(第6の実施の形態)本発明の第6の実施の形態によるビーム変換機能付光導波路は、図11の上面図に示すように、図6に示す実施の形態2のビーム変換機能付光導波路において、光導波路部を、その一部が他の部分と異なる屈折率材料の規則的な周期構造を有する材料(フォトニック結晶)で構成された光導波路部200としたもので、一様な屈折率部分は、上記第1～第4の実施の形態と同様、光導波の機能を持ち、フォトニック結晶部111では、屈折率差と周期構造により各種40の分散特性を持ち、偏光子や光フィルターや波長など各種分散補償などの機能を持たせることができる。

【0060】なお、本実施の形態は、図11に示す構成の他に、上記実施の形態1～4に示すビーム変換機能付光導波路において実現しても良い。

【0061】また、上記の各実施の形態において、ビーム変換機能付光導波路は、本発明の光デバイスの一例であり、基板1と、上基板51および下基板52とは、本発明の基板に相当し、さらに、上基板51は本発明の第1の基板部材に、下基板52は本発明の第2の基板部材50にそれぞれ相当する。光導波路部2、200、合波路部

95を含む光導波路2、周期構造光導波路部101は本発明の光導波路に相当する。この時光導波路は、まわりのクラッドよりも屈折率が高いコアを有している。また、入射側ビーム変換部3、21、31、41、71、81、93、94は本発明の光収束素子または入力光収束素子に相当し、出射側ビーム変換部4、22、32、42、72、82、は本発明の光収束素子または出力光収束素子に相当する。

【0062】また本発明の光収束素子、入力光収束素子または出力光収束素子の球状の一例である、球状のビーム変換部の形状は、完全な球である必要はなく、回転椭円体や非球面の形状を有してもよい。

【0063】また、本発明の第1、第2の光学部品を含む光学部品は、光導波路や光収束素子以外にも、偏光器、位相器、光フィルタ等であってもよい。要するに、本発明の光学部品は、基板内に隙間無く密着して配置されており、互いに光軸が一致している複数の光学部品であれば、その機能によらず本発明に含まれる。また、基板内において、流動性のある材料を充填することにより成形されたものか、もしくは基板にレーザ等の成形光により形成された光学部品であれば、その機能によらず本発明に含まれる。

【0064】また、上記の各実施の形態においては、基板は所定の屈折率を持つものとして説明を行ったが、本発明の第1の光学部品と、第2の光学部品とが光学的に連結することで、光デバイスが外部から光をうけ、第1の光学部品および第2の光学部品を介して再び外部へ出射できるような構成を有しているもので有れば、基板は光を透過しない材質にてできても良い。

【0065】

【発明の効果】以上述べたところから明らかのように、本発明は、外部にレンズなどの光学部品の微調整や配置時の誤差を取り除いて、光ファイバーと光導波路の結合が確実かつ容易にできるという効果を有するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態であるビーム変換機能付光導波路の概要図である。

【図2】ビーム変換部が無限の曲率半径を有する場合の本発明の第1の実施の形態の概要図である。

【図3】複数のビーム変換部が光軸上に縦列する場合の本発明の第1の実施の形態の概要図である。

【図4】ビーム変換部が屈折率分布を有する場合の本発明の第1の実施の形態の概要図である。

【図5】本発明の第2の実施の形態であるビーム変換機能付光導波路の概要図である。

【図6】ビーム変換部が円筒形状である場合の本発明の第2の実施の形態の概要図である。

【図7】本発明の第3の実施の形態の概要図である。

【図8】ビーム変換部が球状の底面を有する円筒形状で

ある場合の本発明の第3の実施の形態の概要図である。

【図9】本発明の第5の実施の形態であるビーム変換機能付光導波路の概要図である。

【図10】本発明の第6の実施の形態であるビーム変換機能付光導波路の概要図である。

【図11】本発明の第7の実施の形態であるビーム変換機能付光導波路の概要図である。

【図12】従来の光導波路の第1例の概要図である。

【図13】従来の光導波路の第2例の概要図である。

10 【図14】(a) 本発明の光デバイスの製造方法を説明するための図である。

(b) 本発明の光デバイスの製造方法を説明するための図である。

【図15】本発明の光デバイスの製造方法を説明するための図である。

【符号の説明】

1 基板

2 光導波路部

3 入射側ビーム変換部

20 4 出射側ビーム変換部

5 入射側光ファイバー

6 出射側光ファイバー

7 光軸

21 入射側ビーム変換部

22 出射側ビーム変換部

23 入射側V溝付固定部

24 出射側V溝付固定部

31 縦列球形入射側ビーム変換部

32 縦列球形出射側ビーム変換部

30 41 円筒形屈折率分布入射側ビーム変換部

42 円筒形屈折率分布出射側ビーム変換部

51 上基板

52 下基板

53 接合面

81 球底面円筒形入射側ビーム変換部

82 球底面円筒形出射側ビーム変換部

91 第一の入射側光ファイバー

92 第二の入射側光ファイバー

93 第一の入射側ビーム変換部

40 94 第二の入射側ビーム変換部

95 合波部

96 第一の光導波路部入射端

97 第二の光導波路部入射端

98 光導波路部出射端

101 周期構造光導波路部

102 高屈折率部分

103 低屈折率部分

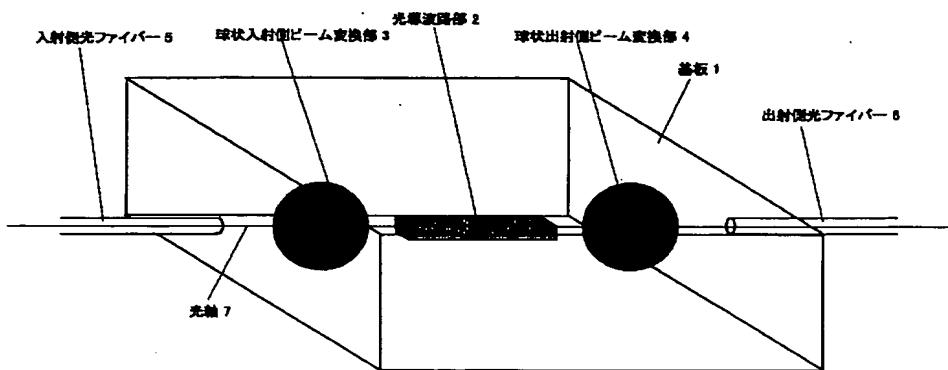
104 フォトニック結晶部

121 基板

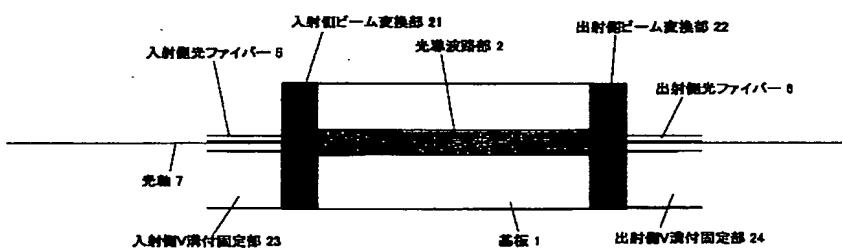
50 122 入射側レンズ

123 出射側レンズ

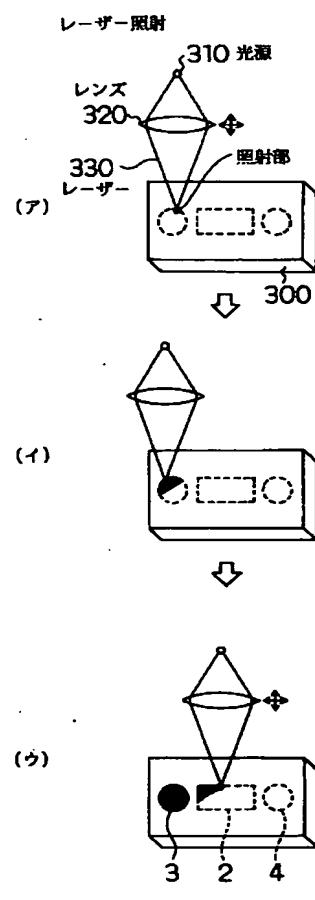
【図1】



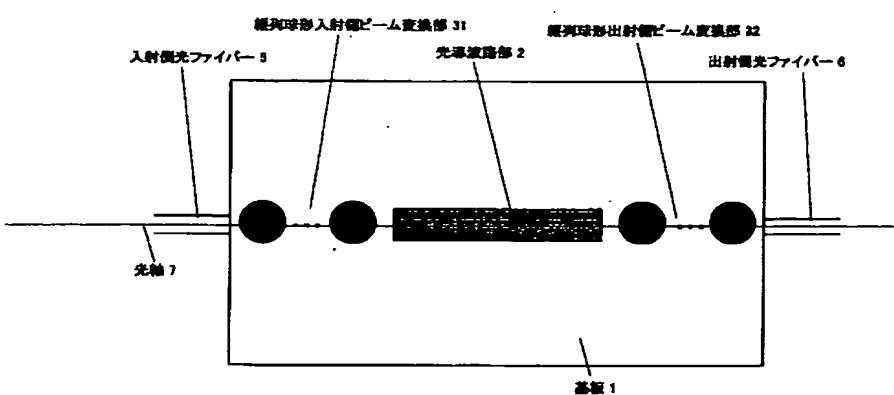
【図2】



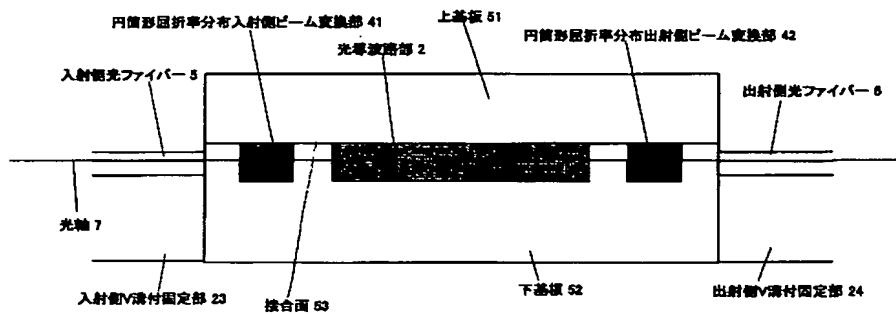
【図15】



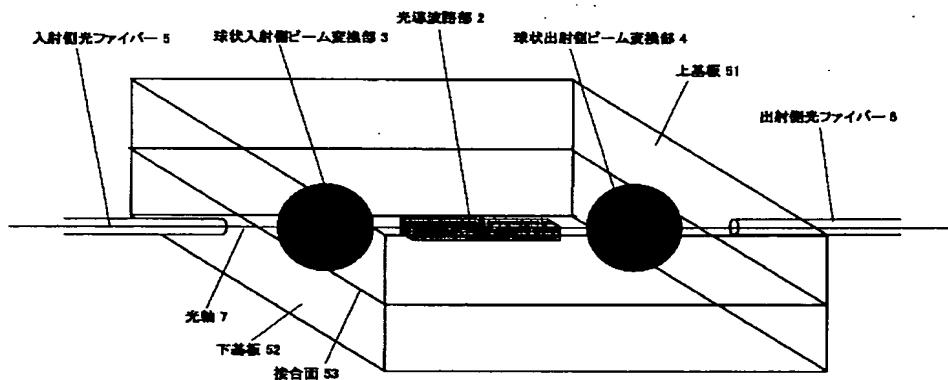
【図3】



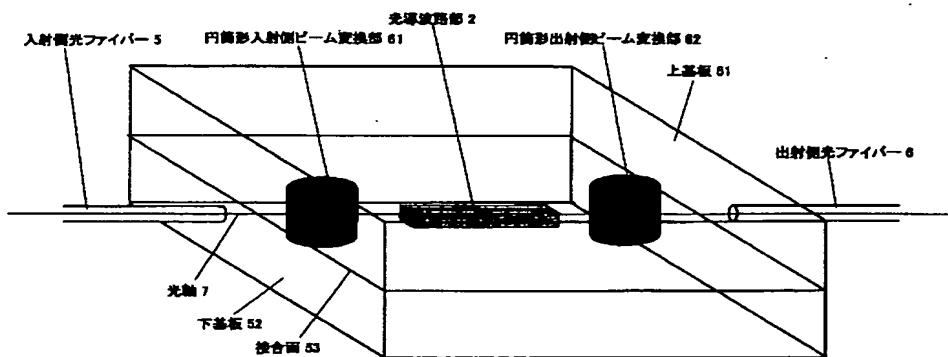
【図4】



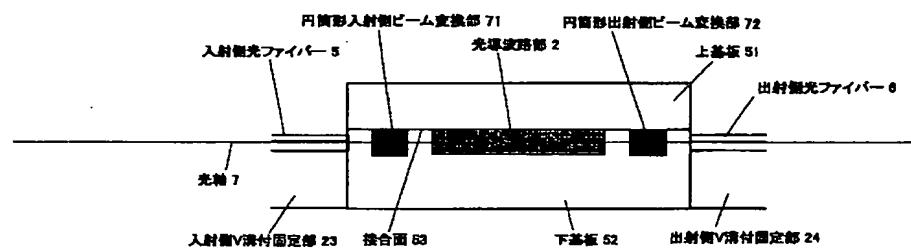
【図5】



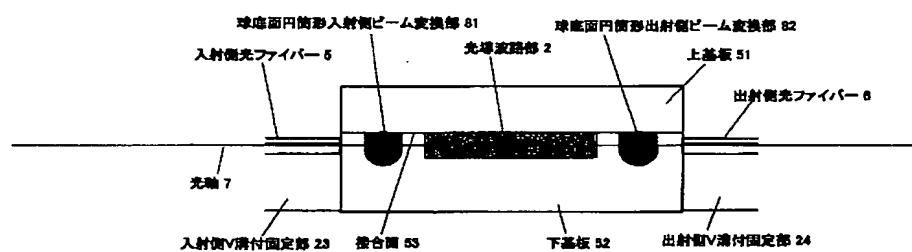
【図6】



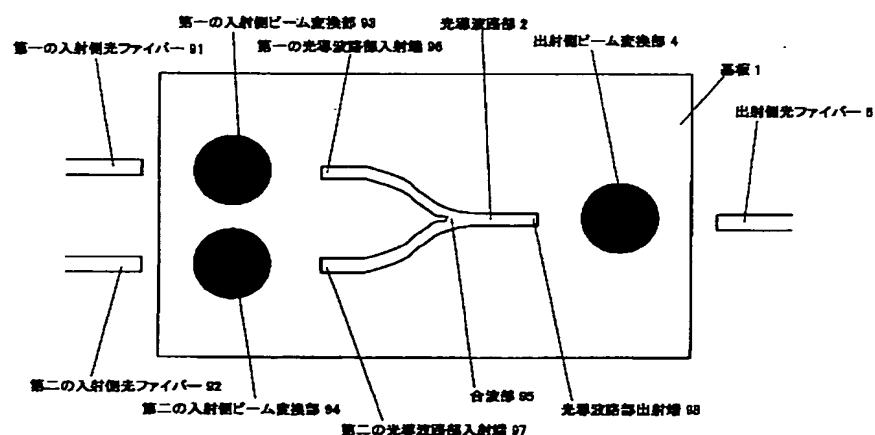
【図7】



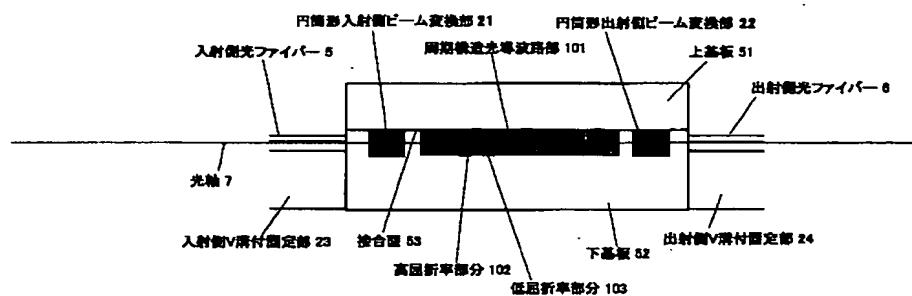
【図8】



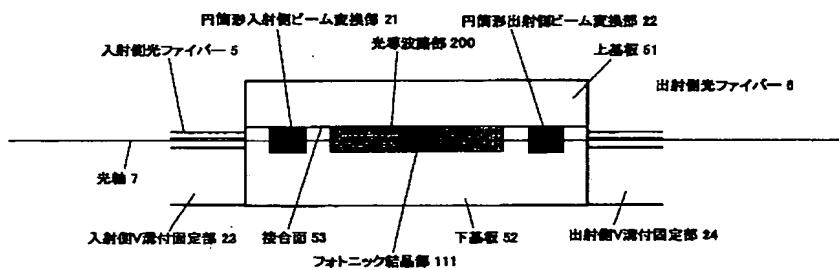
【図9】



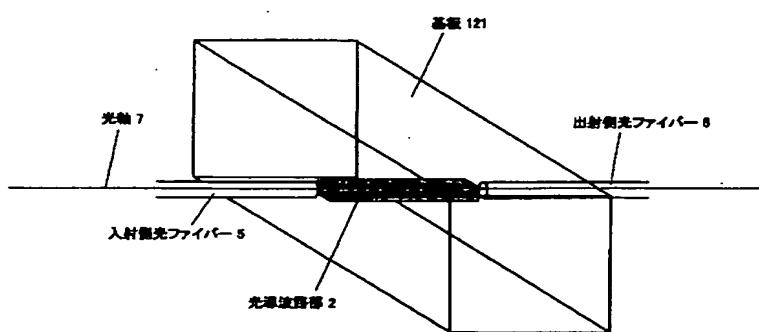
【図10】



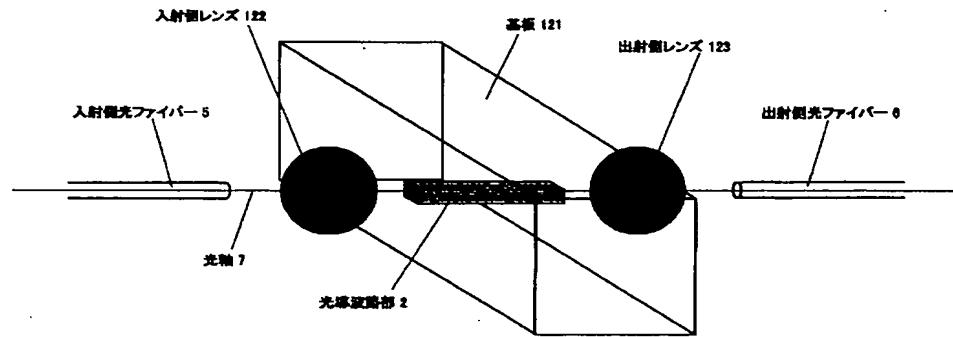
【図11】



【図12】



【図13】



【図14】

